

seul moyen pour *Starshot* d'atteindre une fraction non négligeable de la vitesse de la lumière est l'utilisation d'un laser exceptionnellement puissant d'une centaine de gigawatts. Le Département américain de la défense a produit des lasers plus puissants, dit Robert Peterkin, chef de projet au Laboratoire de recherche de l'Armée de l'air, mais ils n'émettent que pen-

Youri Milner espère que *Starshot* aura un effet fédérateur, capable d'unir les gens

dant quelques milliardièmes ou billionièmes de seconde. Or le laser de *Starshot* devra éclairer chaque voile pendant plusieurs minutes.

Pour atteindre une telle puissance sur des durées aussi longues, une solution est de grouper en réseau de petits lasers à fibre optique, de telle sorte que leurs rayonnements se combinent en un faisceau cohérent. Le Département de la défense a aussi construit des réseaux de lasers en phase, mais les siens comportaient seulement 21 lasers, pour une puissance totale de quelques dizaines de kilowatts. Le laser de *Starshot* devra inclure 100 millions de ces lasers d'environ un kilowatt chacun. Le réseau occupera au sol une surface d'un kilomètre carré.

Et les difficultés ne s'arrêtent pas là. Il faut pouvoir focaliser de façon cohérente ces 100 millions de lasers sur une petite cible, située à 60 000 kilomètres d'altitude. Tout en prenant en compte les turbulences atmosphériques, qui dévieront les faisceaux laser. La lumière pourrait passer complètement à côté de la voile, ou plus probablement l'atteindre de manière inégale, si bien que certaines parties de la voile seraient davantage poussées que d'autres. Cela déséquilibrerait la voile, la ferait tourner ou la déplacerait hors du faisceau.

Là encore, l'équipe de *Starshot* a une solution, mais celle-ci s'accompagne de son propre lot de difficultés: l'optique adaptative, déjà utilisée par les grands télescopes, qui consiste à éliminer les distorsions dues aux turbulences atmosphériques grâce à un miroir déformable. Mais il faudrait apporter à cette technique des avancées majeures pour qu'elle fonctionne avec *Starshot*. Dans le cas du laser, au lieu d'un

miroir déformable, les scientifiques devront ajuster minutieusement chaque fibre laser pour corriger les effets optiques de l'atmosphère. L'optique adaptative actuellement en service sur les télescopes atteint une précision de 30 millisecondes d'angle (unité de mesure de la taille angulaire d'un objet sur le ciel). *Starshot* devrait focaliser le laser avec une précision de 0,3 milliseconde d'angle, un exploit qui n'a jamais été réalisé.

Et même si nous parvenions à développer toutes ces techniques aussi disparates qu'audacieuses, il faudra encore les réunir en un système unique, ce qui, pour les cadres de *Starshot*, revient à créer un puzzle dont les pièces sont en pleine évolution ou n'existent pas encore. Pour les cinq prochaines années, l'objectif est de rassembler les techniques en suivant les conseils des spécialistes du comité. Les membres de l'équipe testeront la faisabilité à l'aide d'expériences à petite échelle et de modèles mathématiques.

Ils ont commencé ce processus à l'hiver 2015-2016 et émettent des appels à projets pour des technologies qui ne sont pas encore développées. Les premiers contrats sont en passe d'être signés, sur des petits projets de quelques centaines de milliers à 1,5 million de dollars chacun. Viendront ensuite les prototypes. Et, à supposer que les tests soient passés avec succès, la construction du laser et des voiles pourrait démarrer au début des années 2030, pour un lancement au milieu des années 2040.

À ce stade, *Starshot* aura déjà vraisemblablement coûté des milliards de dollars, mais il aura peut-être noué de nouveaux partenariats avec des gouvernements, des laboratoires et les agences spatiales d'Amérique, d'Europe et d'Asie. «Je vais défendre la cause du projet, et j'espère que davantage de personnes nous rejoindront», commente Youri Milner.

CAP SUR LES ÉTOILES!

Avec tous ces obstacles, quelles sont les chances de succès? Les chercheurs et les ingénieurs qui ne sont pas liés à *Starshot* tendent à penser qu'elles sont faibles; plusieurs personnes m'ont déclaré catégoriquement: «Ils n'iront pas sur Alpha du Centaure.» David Charbonneau, du centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique, pense que le projet sera à terme tellement coûteux que «cela reviendrait à convaincre la population des États-Unis d'y consacrer 5 % du budget fédéral – autant que le programme *Apollo*».

Les scientifiques liés à *Starshot* sont plus optimistes, mais restent pragmatiques. «Nous pouvons certainement utiliser des lasers pour envoyer des vaisseaux vers Alpha du Centaure», dit Greg Matloff du College of Technology de New York, et membre du comité. «Est-ce que nous pourrions les y emmener d'ici à vingt ans, »

> je ne sais pas.» Youri Milner pense que son rôle dans le projet *Starshot* – outre son financement – est de s'assurer qu'il reste réaliste et qu'il s'appuie sur des bases solides. «Si cela devait prendre plus d'une génération, dit-il, nous ne devrions pas travailler sur ce projet.»

Jusqu'à la fin du mois d'août dernier, je pensais que Freeman Dyson avait raison; la technologie *Starshot* était intéressante, mais le choix d'Alpha du Centaure comme destination était idiot. L'étoile est en fait un système binaire, formé de deux étoiles de même type que le Soleil et tout à fait ordinaires. Les astronomes comprennent bien ces étoiles, et bien que comparer leurs éruptions et leur champ magnétique à ceux du Soleil puisse être utile, David Charbonneau considère que «ce que nous apprendrions en matière de physique stellaire en leur rendant visite ne vaut pas l'investissement».

Maintenant que les astronomes savent que la voisine d'Alpha du Centaure a une planète, l'intérêt scientifique est plus convaincant. L'étoile, Proxima du Centaure, est un peu plus proche de la Terre et c'est une naine rouge, le type d'étoiles le plus répandu dans la galaxie. La planète, Proxima Centauri b, est à une distance de son étoile qui la rend potentiellement habitable. Les membres de *Starshot* envisageraient-ils de changer la cible du projet? «Pourquoi pas», répond Youri Milner. «Nous avons encore largement le temps de changer d'avis.»

Mais même la présence de Proxima Centauri b ne suffira pas à garantir le succès scientifique de *Starshot*. Ses puces pourraient prendre des images, peut-être mesurer le champ magnétique de la planète, voire échantillonner l'atmosphère, mais elles devront faire tout cela en quelques minutes, du fait de leur extrême vitesse. Vu le temps de développement du projet et le coût final, souligne David Spergel, astronome à l'université de Princeton, «nous pourrions construire un télescope optique de 12 à 15 mètres dans l'espace, observer la planète pendant des mois et recueillir beaucoup plus d'informations qu'en un bref survol».

UN PROJET HUMANISTE

Mais les milliardaires sont libres d'investir leur argent comme ils le souhaitent, et d'autres sont libres de se joindre à leurs rêves. De plus, même parmi ceux qui mettent en doute l'intérêt scientifique de *Starshot*, beaucoup le soutiennent néanmoins, parce qu'en développant les techniques associées, les ingénieurs feront très certainement des innovations intéressantes. Qui plus est, même si *Starshot* échoue, des missions mettant à profit ses techniques pourraient atteindre d'autres destinations à l'intérieur et hors du Système solaire.

Si Youri Milner s'enthousiasme autant pour ce projet, c'est qu'il espère qu'un tel objectif

aura un effet fédérateur, qu'il sera capable d'unir les gens, de renforcer le sentiment d'appartenir à la même planète et à une unique espèce. «Ces six dernières années, j'ai passé 50 % de mon temps sur la route, en grande partie en Asie et en Europe», dit-il. «J'ai compris qu'un consensus global est difficile à atteindre,

La présence d'une exoplanète ne suffira pas à garantir le succès scientifique de *Starshot*

mais pas impossible.» Mais somme toute, même lui reconnaît que la volonté d'aller vers une autre étoile ne s'explique pas.

Presque tous ceux à qui j'ai posé la question ont donné la même réponse: ils ne savent pas l'expliquer à quelqu'un qui ne le comprend pas déjà; ils veulent juste y aller. Bien qu'il pense que les chances de succès de *Starshot* sont minces et ne prennent pas au sérieux ses motivations scientifiques, James Gunn, astrophysicien émérite de Princeton, affirme: «Je suis rationnel la plupart du temps, mais je ne suis pas particulièrement rationnel concernant les frontières de l'humanité dans le cosmos. Je rêve d'atteindre les étoiles depuis que je suis enfant.» Beaucoup de membres du comité consultatif disent la même chose.

C'est peut-être Freeman Dyson qui exprime le mieux les contradictions inhérentes à de tels rêves. L'idée de puces équipées d'une voile à laser se tient, dit-il, et les personnes qui portent le projet *Starshot* sont intelligentes et «tout à fait sensées». Mais il pense qu'elles devraient revoir à la baisse les objectifs, arrêter d'essayer d'aller voir Alpha ou Proxima du Centaure et se concentrer sur l'exploration du Système solaire, où les *StarChips* seraient propulsées par des lasers moins puissants et plus faciles à réaliser. «L'exploration est dans la nature humaine», conclut-il. Cependant, pour lui, ces expéditions devraient être menées avec des «machines automatiques» qui font ça très bien, surtout quand il n'y a pas de justification scientifique à envoyer des cosmonautes. Mais Freeman Dyson ne serait pas Freeman Dyson s'il n'ajoutait pas, imprévisible comme toujours: «D'un autre côté, j'adorerais y aller.» ■

BIBLIOGRAPHIE

P. Lubin, *A roadmap to interstellar flight*, *Journal of the British Interplanetary Society*, vol. 69, pp. 40-72, 2016.

M. Alpert, *Alpha Centauri or bust*, *Blog Scientific American*, <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/alpha-centauri-or-bust>

Site web du projet *Starshot*: <https://breakthroughinitiatives.org/Initiative/3>